

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

先進可撓曲式白光有機發光二極體研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-027-
執行期間：98年08月01日至99年10月31日
執行單位：國立交通大學電子與資訊研究中心

計畫主持人：陳金鑫

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：劉孟宇
碩士班研究生-兼任助理人員：彭依濠
碩士班研究生-兼任助理人員：高薪閔
碩士班研究生-兼任助理人員：李世男
碩士班研究生-兼任助理人員：鄭嘉良
碩士班研究生-兼任助理人員：莊竣雄

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 12 月 06 日

先進可撓曲式白光有機發光二極體研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E-009-027

執行期間：98年08月01日至99年10月31日

執行機構及系所：國立交通大學 電子與資訊研究中心

計畫主持人：陳金鑫

共同主持人：

計畫參與人員：劉孟宇、彭依濠、高薪閔、李世男、鄭嘉良、莊竣雄

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

中 華 民 國 99 年 8 月 31 日

一、中文摘要

本計劃的宗旨是為台灣培育尖端顯示技術的未來科技人才，增進他們在高度資訊顯示紀元裡的知識、技術及競爭力，並開發下一代有機發光二極體的材料、元件及製程的新平面顯示基礎科學與技術。有機發光二極體技術除了可以用來製作成全彩顯示器外，近年來在照明和LCD 背光源的應用上，也越來越受人重視，與目前的光源相比，有機電激發光具有不含Hg（水銀）等有害物質、厚度更薄、重量輕等優點，並可製作於可撓曲基板。本子計畫主要專注在“低分子”白光OLED 尖端材料與元件的研發，藉由發光材料的研發與元件的設計，來調控發光波長，增加功率效率與穩定性，使之分別符合照明和LCD 背光源的應用。希望藉此開闢多元化的OLED 技術，多方面造就台灣未來的平面顯示技術人才。本研究在PES基板上製造可撓曲式白光有機發光二極體，配合可撓曲之PDMS封裝，整體厚度可小於1 mm，且在20 mA/cm²下，驅動電壓為3.8 V，發光強度可達3307 cd/m²，發光效率為16.5 cd/A、發光功率13.7 lm/W，在電壓10.5V，最大發光強度可達 2.8×10^4 cd/m²。(附註: 此計畫為國科會專題計畫**96-2221-E-009-084** 之第二年延續計畫)。

關鍵詞：

可撓式有機電激發光二極體、聚醚石風、白光有機電激發光二極體、聚二甲基矽氧烷封裝。

英文摘要

The aim of this proposal is to educate and train our graduate students in Taiwan to be knowledgeable, competent and competitive in the new era of information display and to develop skills of synthesizing advanced materials and fabricating devices for White Organic Light Emitting Diodes (WOLED) technology. Compared to other light sources, organic electroluminescence technology is an eco-light and solid-state source (Hg-free) which has very attractive and rather unique attributes such as high uniformity, low cost, light weight, thin device and flexibility. The core of this proposal is to research and develop a “robust” white light source for solid-state illumination and LCD backlight applications by developing advanced “small molecule” OLED materials and device technology. The goal of this project is to deliver WOLEDs with high power efficiency, color rendering index (CRI) and stability. The present research utilized the technology of depositing indium tin oxide (ITO) on Polyethersulfone (PES) substrate as an anode to fabricate flexible organic light emitting diode (FOLED) by vacuum thermal evaporation technique. And further operate in coordination with Polydimethylsiloxane (PDMS) package. White FOLED with thickness of less than 1 mm achieved an electroluminescence efficiency of 16.5 cd/A and 13.7 lm/W at 20 mA/cm² and driving voltage of 3.8 V. Maximum luminance of 2.8×10^4 cd/m² was reached under 10.5 V. (Note: This is the 2nd year extension of NSC **96-2221-E-009-084**).

Keywords:

flexible OLED、PES、white OLED、PDMS encapsulation.

二、報告內容

(1) 前言

本計畫的目標為先進可撓曲式白光有機電激發光元件之設計，期望在實用的亮度範圍內，達到高效率、高性能白光OLED軟板元件。為求達到高效率元件，磷光材料之使用已成趨勢，但磷光元件雖然擁有高效率，但效率峰值往往是出現在低電流密度時，因此所表現之亮度往往偏低，在實用的亮度範圍內(背光源亮度一般在5000~10,000 nits)，其實效率並沒有如此之高。

而本計畫將進一步針對此系統加以研究，搭配本實驗室一直以來發展的各種螢光藍光摻雜物與主發光體系統，驗證此系統的可適用性，並發展出自己的螢光及磷光白光元件系統，並期望在實用的亮度範圍內，達到高效率、高性能白光OLED 元件。由以上之整理可歸納出為求達到高效率元件，磷光材料之使用已成趨勢，但磷光元件雖然擁有高效率，但效率峰值往往是出現在低電流密度時，因此所表現之亮度往往偏低，在實用的亮度範圍內（背光源亮度一般在5000~10,000 nits），其實效率並沒有如此之高。而本實驗室於96年申請國科會兩年連續專題計畫“先進可撓曲式白光有機發光二極體研究”，經國科會審查後核定第一年計畫與經費(NSC 96-2221-E-009-084)，之後因行政作業上的疏忽，未於規定時間內提出第二年計畫申請，使得研究計畫無法順利延續與完成。因此本計畫內容實際上為銜接該專題計畫第一年之研究成果，目標為整合本實驗室開發出的白光OLED 結構與可撓曲式技術，進而製作出高效率之可撓曲式白光有機發光二極體。而在第一年的研究中，我們利用本實驗室近年來開發的各種螢光藍色摻雜物與主發光體材料，發展出各式的螢光及磷光元件系統，在實用的亮度範圍內，製作出可達到高效率、高性能白光OLED 元件，元件數據整合於表1中。

表 1、不同結構的白光 OLED 元件於 10 mA/cm² 的性質比較

元件	工作電壓 (V)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)	色座標 1931	演色性
全磷光三波段白光	9.4	16.1	5.3	7.8	(0.37, 0.46)	71
全磷光四波段白光	8.6	18.0	6.6	7.6	(0.36, 0.48)	70
螢光藍/磷光綠、紅白光	6.2	13.5	6.8	7.4	(0.39, 0.43)	83
磷光增感劑白光	6.3	16.7	8.3	6.0	(0.41, 0.47)	63

(2) 研究目的

本計畫的重要的目的在於白光元件與可撓曲基板之搭配，期望達到薄型、可撓曲之新型光源。主要之研究目的與研究標的包括：

- (1) 高出光 (out coupling) 之可撓曲基板研究與製作。
- (2) 薄膜封裝之研究與製作。
- (3) 增亮膜之評估。
- (4) 高色域之白光元件系統，在與彩色濾光片搭配之下，NTSC ratio 可達80%以上。
- (5) 高演色性之白光元件系統，平均演色性係數(CRI)目標在80 以上。
- (6) 薄型、可撓曲之新型光源製作，目標元件厚度小於 1 mm，且在3000 nits 下效率保持在 10 lm/W。

(3) 結果與討論

可撓曲基板材料評估:

製作可撓曲式有機發光二極體需使用可撓曲式基板，可撓曲式基板使用在傳統下發光 OLED 上需考慮如透明程度、可撓曲程度和最大製程溫度等性質，部分常見可撓曲式基板如表 2。

1. Steel: 最大製程溫度高，耐化學性質中等，但其為不透明基板，表面較粗糙且堅硬不易處理，不適合作為可撓曲式下發光 OLED 之基板。
2. Kapton、PEEK 和 PEI: 此三種基板之最大製程溫度高，在熱蒸鍍時可避免基板因熱變形，但 Kapton 基板為橙色、PEEK 基板為黃褐色、PEI 基板為霧狀或有色，皆不適合作為可撓曲式下發光 OLED 之基板。
3. PES: 透明，最大製程溫度中等，耐化學溶劑性差，但在 OLED 熱蒸鍍製程中不易變形。
4. PEN 和 PET: 此二種基板為透明，且線性膨脹係數較小，但最大製程溫度不高，在高溫情況下會有基板變形發生，不適合熱蒸鍍的 OLED 製作。

PES 雖耐化學溶劑性差，但對於使用熱蒸鍍方法製作 OLED 元件並無影響，且其最大製程溫度足夠承受熱蒸鍍製程，基板不易受熱變形，並且透明，而其它如 steel、Kapton 或 PET 基板，為不透明或帶色，或著最大製程溫度低，基於以上理由，我們選擇 PES 作為我們可撓曲式白光 OLED 之基板。

表 2、部分常見可撓曲基板		
Max. Process Temperature	Material	Characteristics (good, OK, bad)
500°C+	Steel	Opaque, moderate CTE, moderate chemical resistance, poor surface finish
275°C	Polyimide (Kapton)	Orange color, high CTE, good chemical resistance, expensive
250°C	Polyetheretherketone (PEEK)	Amber color, good chemical resistance, expensive
200°C	Polyetherimide (PEI)	Strong, brittle, hazy/colored, expensive
174°C	Polyethersulphone (PES)	Clear, good dimensional stability, poor solvent resistance, expensive
150°C	Polyethylenenaphthalate (PEN)	Clear, moderate CTE, good chemical resistance, inexpensive
120°C	Polyester (PET)	Clear, moderate CTE, good chemical resistance, cheap

低溫濺鍍 ITO 陽極:

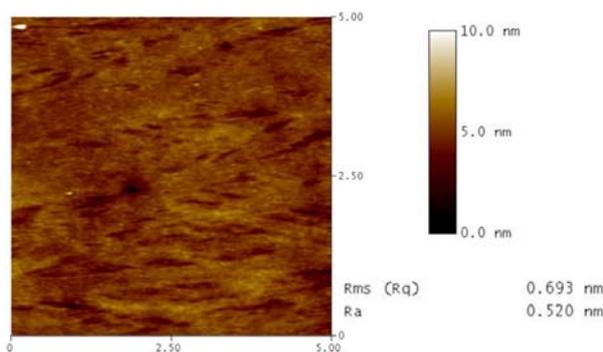


圖 1、ITO 濺鍍在 PES 基板之上之 AFM 測量圖

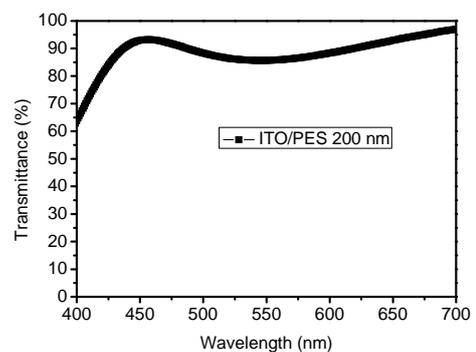


圖 2、ITO/PES 基板對各波長之穿透度圖

我們使用射頻磁控濺鍍技術，可在 PES 表面於低溫下濺鍍 ITO 薄膜。ITO 薄膜為 200 nm 時，片電阻約為 52.8 ohm/sq，可換算為電阻率為 1.1×10^{-3} ohm·cm。我們濺鍍 ITO 薄膜 200 nm 於 PES 基板上，使用 AFM 作表面粗糙度的量測，得到其均方根粗糙度約為 0.69 nm，相當平坦，圖 1 為 AFM 測量圖。圖 2 為 ITO/PES 基板利用紫外光可見光分光光譜儀所量測對各波長之穿透度，在光源波長為 550 nm 時，ITO/PES 基板穿透度為 86.7%。

高性能 *p* 或 *n* 摻雜型的電荷傳輸材料評估：

為降低元件電壓，我們使用常見之電子傳輸材料 BPhen 摻雜 5% Cs_2CO_3 作為 *n* 摻雜型電子傳輸層，使用常見之電洞傳輸材料 NPB 摻雜 33% WO_3 作為 *p* 摻雜型電洞傳輸層，我們發現 NPB 摻雜 33% WO_3 這層 *p* 摻雜型電洞傳輸層會造成藍光強度減弱，而使光色較黃，因此我們白光元件分為 A、B 二種，元件 A 為使用 *p* 摻雜型電洞傳輸層，構成 *p-i-n* 結構，為較暖色系白光，而元件 B 則單純使用 NPB 作為電洞傳輸層，為 *i-i-n* 結構，藍光較強，為較冷色系白光。

薄膜封裝之研究與製作：

封裝對於 OLED 是非常重要的問題，由於 OLED 元件對水、氧的敏感性，封裝的好壞將影響元件的壽命。玻璃雖有好的水、氧阻隔能力，但在可撓曲式 OLED 元件上，玻璃無法使用，因此需尋找新的封裝方法。Polydimethylsiloxane (PDMS)，為一應用廣泛之聚合性材料，其具有柔軟、操作溫度寬廣(-45°C~200°C)、電絕緣性佳及良好的熱穩定性等特性，更重要的其成本低且製作簡單，在可撓曲式 OLED 的封裝上，使用 PDMS 是很好的選擇。我們混合 PDMS 之 A、B 劑後(圖 3)，利用真空方法排除混合劑內之氣泡，並利用旋轉塗佈的方法，將膠狀之 PDMS 塗佈在素玻璃基板上，送至 100°C 烤箱內固化，即可製成無氣泡且平坦之 PDMS 膜(圖 4)，之後再切割適合大小，即可使用在可撓曲式 OLED 的封裝上。圖 5 為 PDMS 使用在可撓曲式白光 OLED 元件上，並與五十元硬幣之比較圖。可撓曲式白光 OLED 元件使用 PDMS 作封裝，利用游標尺量測，元件總厚度為 0.9 mm，比起五十元硬幣(2.4 mm) 薄了許多，厚度更只有傳統玻璃 OLED 元件(1.8 mm)之一半。



圖 3、PDMS 之 A、B 劑



圖 4、固化之 PDMS 膜



圖 5、元件厚度比較

我們製作了標準元件，測試使用 PDMS 膜作為可撓曲元件之封裝對於阻擋水、氧的能力，結構如圖 6 所示，為避免 PDMS 直接黏貼鋁陰極，造成鋁陰極被 PDMS 黏起剝離，因此在鋁陰極後再鍍上 80 nm 之 NPB 當作保護層，圖 7 為使用 PDMS(表面沉積 SiO_2)封裝及未封裝之元件 lifetime，可明顯看出使用 PDMS 膜作為封裝，其 lifetime 明顯高於未封裝之元件。而我們量測單純 PDMS 膜、PDMS 膜表面沉積 SiO_2 或 ZnO 對各波長之穿透度，膜之示意圖如圖 8， SiO_2 為使用 PECVD 沉積，而 ZnO 為使用 RF Sputter 沉積。如圖 9，單純

之 PDMS 膜在波長為 550 nm 時，穿透率為 91.1%，而鍍上 SiO₂ 後為 86.7%，穿透率相當高，未來在可撓曲上發光 OLED 之封裝，相信也有發展的潛力。

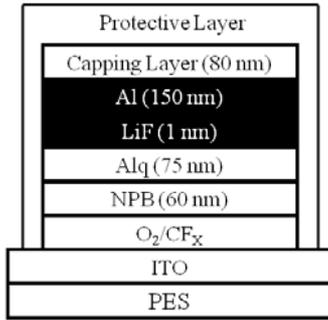


圖 6、元件結構示意圖

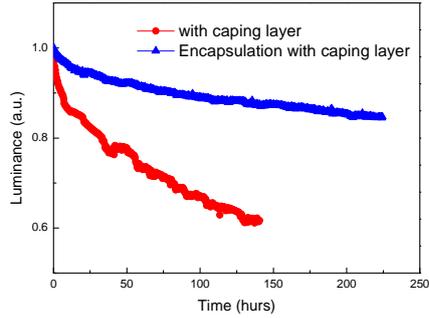


圖 7、有無封裝元件 lifetime 比較圖

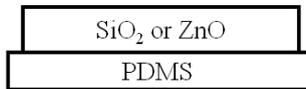


圖 8、SiO₂ 或 ZnO 沉積在 PDMS 上之示意圖

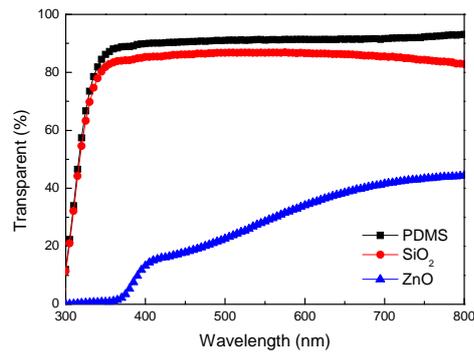


圖 9、不同薄膜對各波長之穿透度

薄型、可撓曲之新型光源製作：

本實驗室的 OLED 元件是使用 ULVAC 的 SOCIET 蒸鍍機台製作，操作真空度為 5×10^{-4} Pa。在 ITO/PES 和 ITO/Glass 基板蒸鍍前，先使用氧電漿處理來進一步去除微粒子與提升功函數，再通入 CF_x 氣體，經電漿處理附著在基板表面作為電洞注入層，幫助電洞注入。有機材料依序以 1.0 Å/s 的速率蒸鍍於 ITO 上面，以保持良好的介面平整性；有機層蒸鍍完畢後，再蒸鍍 1200 Å 的鋁金屬作為電極。元件的效率與電激發光波譜在元件封裝完畢後立即以 Photo Research PR650 量測。演色性、色溫及色度座標等資訊則用 JETI Spectro radiometer 1210 量測。

在可撓曲式白光 OLED 元件上，我們使用常見之主發光體材料 MADN 做為藍光發光層之主發光體，MADN 摻雜天藍光客發光體 BUBD-1 做為藍光發光層，常見之電洞傳輸材料 NPB 作為電洞傳輸及黃光發光層之主發光體，NPB 摻雜黃光摻雜物 EY-53 為黃光發光層，利用藍光及黃光組成雙波段白光，BPhen 做為電洞阻擋層及電子傳輸層，NPB 摻雜 WO₃ 做為 p 摻雜型電洞傳輸層，BPhen 摻雜 Cs₂CO₃ 做為 n 摻雜型電子傳輸層，形成 p-i-n 結構，使元件操作電壓降低，在鍍上鋁陰極後，為了避免使用 PDMS 膜封裝時，PDMS 膜直接接觸鋁陰極，造成鋁被 PDMS 膜黏起剝離的現象，我們在鋁陰極上再蒸鍍 80 nm 的 NPB。

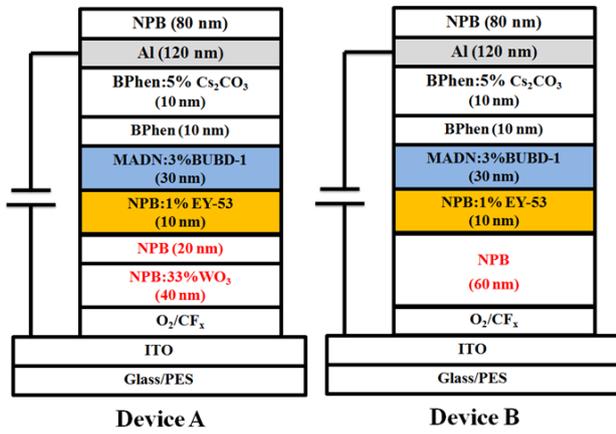


圖 10、元件 A 與元件 B 結構示意圖

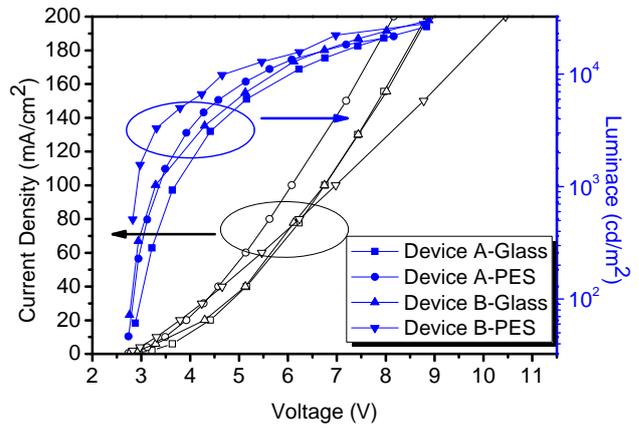


圖 11、元件 A、B 之輝度-電流密度-電壓圖

圖 10 為我們可撓曲式白光 OLED 的結構，元件 A 和元件 B 的不同差異在於有無 NPB 摻雜 WO_3 這層 p 摻雜型電洞傳輸層。我們使用二種不同的白光結構，分別做在玻璃及 PES 基板上作為比較。圖 11 為我們白光元件之輝度-電流密度-電壓 (B-J-V) 圖，元件 A 與元件 B 在玻璃基板上之電性十分接近，而在 PES 基板上，有使用 p 摻雜型電洞傳輸層之元件，電性明顯較無 p 摻雜型電洞傳輸層之元件好一點。表 4 為元件 A、B 在電流密度為 20 mA/cm^2 下，所量測之效率，不論使用玻璃基板或 PES 基板，元件 A、B 皆在達到發光亮度 3000 cd/m^2 以上，發光效率超過了 10 lm/W ，此外外部量子效率(E.Q.E)皆超過 5，元件已經達到最佳化。

Device	Voltage (V)	Brightness (cd/m^2)	Yield (cd/A)	Pow. Eff. (lm/W)	E.Q.E	CIE _{x,y}
Device A-Glass	3.7	3211	16.1	13.7	6.74	(0.40, 0.43)
Device A-PES	3.8	3226	16.1	13.4	6.45	(0.39, 0.44)
Device B-Glass	4.3	3469	17.3	12.7	7.64	(0.34, 0.37)
Device B-PES	3.8	3307	16.5	13.7	7.01	(0.35, 0.40)

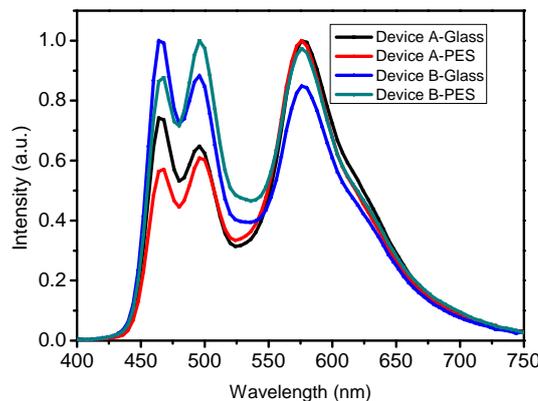


圖 12、元件 A、B 之光譜圖

圖 12 為元件 A、B 分別在玻璃及 PES 基板上之光譜圖，相同結構製作在玻璃及 PES 基板上，光譜並無太大差別。由光譜明顯看出，元件 B 之藍光部分，較元件 A 藍光部分明顯增強，我們利兩種不同的結構，製作出較暖白及較冷色系之白光元件。

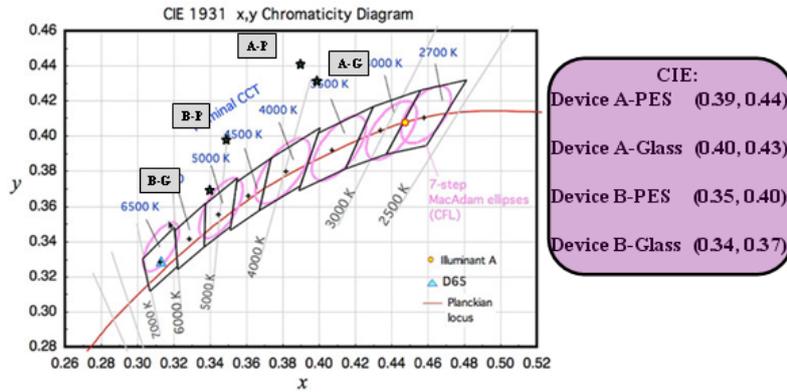


圖 13、元件 A、B 之色度座標

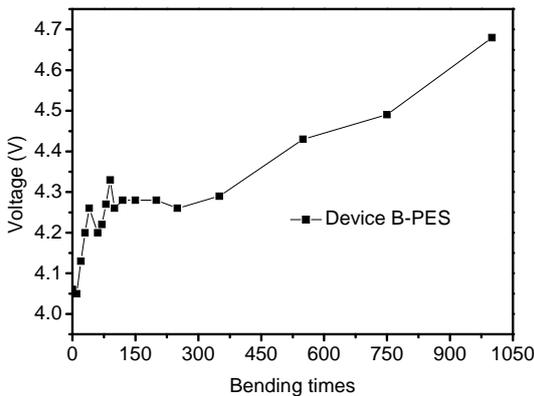


圖 14、元件電壓與撓曲次數關係圖

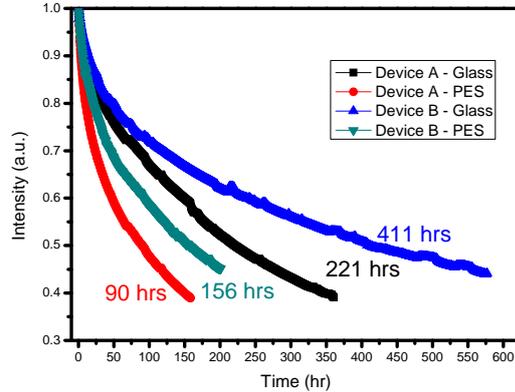


圖 15、元件 A、B 之 lifetime 比較圖

圖 13 為 CIE₁₉₃₁ 色度座標與普郎克軌跡圖，色度座標在普郎克軌跡附近之黑框內，為符合之白光照明之白光座標，我們的白光結構已落在黑框附近。元件 A、B 製作在玻璃及 PES 基板上之 CIE_{x,y} 座標，因元件 B 之藍光部分較元件 A 強烈，因此元件 B 之 CIE_{x,y} 座標較元件 A 更為左下，也就是元件 B 之白光較元件 A 色溫高，為較冷色系白光。B 結構製作在玻璃及 PES 基板上，使用光譜分析儀量測，其演色性皆約為 70，無太大差異。我們將元件 B 製作在 PES 基板上，並撓曲元件和量測電壓，如圖 14，元件經撓曲 1000 次後，電壓上升約 0.7 伏特，表示我們的可撓曲白光元件可忍受一定程度的撓曲次數。

我們製作元件 A、B 在玻璃及 PES 基板上，在玻璃基板上的封裝使用玻璃封裝蓋，而在 PES 基板上的封裝則使用 PDMS 膜，我們分別量取 lifetime，從圖 15 可得知使用玻璃基板及玻璃封裝之元件，在相同元件結構下，其 lifetime 較使用 PES 基板及 PDMS 膜封裝之元件高，我們認為此原因為玻璃有較 PES 及 PDMS 膜高的防水、氧穿透能力，因此有較佳之 lifetime。此外元件 A 使用 NPB 摻雜 WO₃ 形成 p 摻雜型之電洞傳輸層，相較於元件 B 結構則無 p 摻雜型電洞傳輸層，離子較容易擴散至發光層，進而造成元件不穩定使 lifetime 降低，因此，不論是 PES 基板或玻璃基板下，元件 A 之 lifetime 皆小於元件 B 之元件。圖 16 及圖 17 為我們結構 B 製作在 PES 基板上撓曲時之發光情形，PDMS 無剝落情況，且撓曲也不影響發光，並且整體元件厚度小於 1 mm。

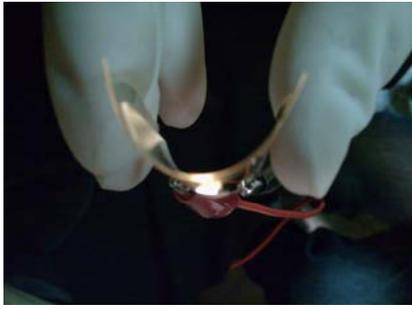


圖 16、元件 B 撓曲下發光圖 (上方)



圖 17、元件 B 撓曲下發光圖 (正面)

增亮膜之評估：

由於 OLED 元件的光由發光層放光後，光會經過有機層、ITO、玻璃、空氣等介質，當光由折射率大的物質進入折射率小的物質，將會產生全反射，使光無法射出至元件外。經由一簡化之公式 $\eta = 0.5/n_1^2$ 可估算出光率 η 之值 (n_1 為有機物折射率 ≈ 1.7 ， n_2 為玻璃折物率 ≈ 1.5 ， $n_1 > n_2$)，可得知約 20% 的光可射出元件，而大部分的光困於元件內，因此若能增加出光率，將能得到更高的發光效率。

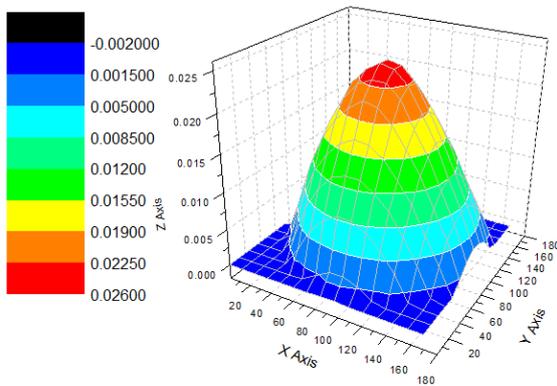


圖 18、元件 B 貼增亮膜前之光強度分佈

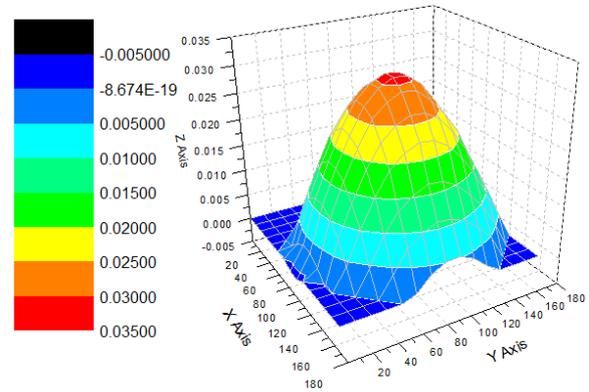


圖 19、元件 B 貼增亮膜後之光強度分佈

圖 18 及圖 19 為元件 B 製作在 PES 基板上，貼增亮膜前後之光強度分佈圖，由於我們使用之增亮膜原理為增加散射以減少全反射，最後達到增加出光率，由圖 19 可看出，貼上增亮膜後，中心光強度明顯提升，且光散射到中心外，造成圖 19 之強度分佈較圓胖，而非圖 18 呈現較尖銳的分佈。

表 4、元件 B 製作在 PES 基板上 @ 20 mA/cm ²			
	貼增亮膜前	貼增亮膜後	增強倍數
整體亮度	0.0675 (lm)	0.0887 (lm)	1.31
正向亮度	0.0246 (lm)	0.0312 (lm)	1.27

我們使用積分球作量測，元件 B 經貼增亮膜後，亮度得到明顯的增加，由表 3 可看出，貼膜前整體亮度為 0.0675 lm，貼膜後增加為 0.0887 lm，元件整體亮度提升 1.31 倍，而正向出光也由 0.0246 lm 增加到 0.0312 lm，提升 1.27 倍，因大部分的光依然困於元件內，若有設計更佳的增亮膜或增加出光的方法，將可大幅提升 OLED 的發光效率。

三、參考文獻

1. S. H. Kima, J. Jang and J. Y. Lee, *Synth. Met.*, **157**, 228 (2007).
2. S. H. Kim, J. Jang and J. Y. Lee, *Appl. Phys. Lett.*, **90**, 223505 (2007).
3. G. Cheng, Y. Zhang, Y. Zhao, Y. Lin, C. Ruan, S. Liu, T. Fei, Y. Ma and Y. Cheng, *Appl. Phys. Lett.*, **89**, 043504 (2006).
4. B. W. D'Andrade, M. A. Baldo, C. Adachi, J. Brooks, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, *Appl. Phys. Lett.*, **79**, 1045 (2001).
5. G. Lei, L. Wang, and Y. Qiu, *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 5403 (2004).
6. G. Cheng, Y. Zhang, Y. Zhao, S. Liu and Y. Mab, *Appl. Phys. Lett.*, **88**, 083512 (2006).
7. G. Cheng, F. Li, Y. Duan, J. Feng, S. Liu, S. Qiu, D. Lin, Y. Mab and S. T. Lee, *Appl. Phys. Lett.*, **82**, 4223 (2003).
8. A. Duggal, J. Shiang, C. Heller and D. Foust, *Appl. Phys. Lett.*, **80**, 3470 (2002).
9. B. C. Krummacher, V.-E. Choong, M. K. Mathai, S. A. Choulis and F. So, *Appl. Phys. Lett.*, **88**, 113506 (2006).
10. L. S. Liao, X. Ren, W. J. Begley, Y. S. Tyan, and C. A. Pellow, *Proceedings of SID'08*, **54-2**, 818 (2008).
11. Y. Zhang, G. Cheng, Y. Zhao, J. Hou, and S. Liu, *Appl. Phys. Lett.*, **86**, 011112 (2005).
12. C. H. Jeong, J. T. Lim, M. S. Kim, J. H. Lee, J. W. Bae, and G. Y. Yeom, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 806 (2007).
13. H. Baek and C. H. Lee, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **41**, 105101 (2008).
14. B. W. D'Andrade, M. E. Thompson, S. R. Forrest, *Adv. Mater.*, **14**, 147 (2002).
15. S. H. Kim, J. Jang and J. Y. Lee, *Appl. Phys. Lett.*, **91**, 123509 (2007).
16. A. B. Chwang, M. A. Rothman, S. Y. Mao, R. H. Hewitt, M. S. Weaver, J. A. Silvernail, K. Rajan, M. Hack and J. J. Brown, *Appl. Phys. Lett.*, **83**, 3 (2003).
17. J. M. Han, J. W. Han, J. Y. Chun, C. H. Ok, and D. S. Seo, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, No. 12 (2008).
18. S. Liu, D. Q. Zhang, Y. Li, L. Duan, G. F Dong, L. D. Wang, and Y. Qiu, *Chinese Science Bulletin*, **53**, No. 6, 958-960 (2008).

四、計畫成果自評

我們成功的製作出可撓曲式白光OLED元件，利用射頻磁控濺鍍製作具有高穿透率(86.7%)及相當平坦(Rms = 0.69 nm)之ITO/PES基板，搭配PDMS薄膜，成功的封裝我們的可撓曲白光OLED，延長元件壽命並且不易產生彎曲剝落的現象，整體元件厚度為0.9 mm，為傳統OLED元件厚度之一半。在雙波段螢光系統中，使用和不使用*p*摻雜型電洞傳輸層的白光元件，分別製作出具冷色及暖色之白光元件。不論冷色系或暖色系之白光元件，其發光效率在高亮度3000 nits下，皆超過13 lm/W，電流效率皆超過16 cd/A，二者演色性皆為70，且經撓曲1000次，元件電壓僅微微上升0.7 volts。最後我們搭配增亮膜，並使用積分球作量測，元件正向出光由0.0246 lm，增加為0.0312 lm，提升了1.27倍，而元件整體出光由0.0675 lm增加到0.0887 lm，提升了1.31倍，更進一步的提升元件之效率。而未來若能在可撓曲基板及PDMS封裝膜的防水、氧性上做更進一步的改善，相信能達到更長之元件操作壽命，且搭配使用磷光材料及使用設計更佳之增亮膜，進一步提升元件效率，將能使可撓曲式白光OLED達到更接近實用及照明之目標。感謝國科會資助，本計畫投搞2010 TDC會議論文一篇。

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2010/12/06

國科會補助計畫	計畫名稱: 先進可撓曲式白光有機發光二極體研究
	計畫主持人: 陳金鑫
	計畫編號: 98-2221-E-009-027- 學門領域: 白光照明
無研發成果推廣資料	

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳金鑫		計畫編號：98-2221-E-009-027-					
計畫名稱：先進可撓曲式白光有機發光二極體研究							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	5	5	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

我們成功的製作出可撓曲式白光 OLED 元件，利用射頻磁控濺鍍製作具有高穿透率 (86.7%) 及相當平坦 ($Rms = 0.69 \text{ nm}$) 之 ITO/PES 基板，搭配 PDMS 薄膜，成功的封裝我們的可

撓曲白光 OLED，延長元件壽命並且不易產生彎曲剝落的現象，整體元件厚度為 0.9 mm，為傳統 OLED 元件厚度之一半。在雙波段螢光系統中，使用和不使用 p 摻雜型電洞傳輸層的

白光元件，分別製作出具冷色及暖色之白光元件。不論冷色系或暖色系之白光元件，其發光效率在高亮度 3000 nits 下，皆超過 13 lm/W，電流效率皆超過 16 cd/A，二者演色性皆為 70，

且經撓曲 1000 次，元件電壓僅微微上升 0.7 volts。最後我們搭配增亮膜，並使用積分球作量

測，元件正向出光由 0.0246 lm，增加為 0.0312 lm，提升了 1.27 倍，而元件整體出光由 0.0675

lm 增加到 0.0887 lm，提升了 1.31 倍，更進一步的提升元件之效率。而未來若能在可撓曲基

板及 PDMS 封裝膜的防水、氧性上做更進一步的改善，相信能達到更長之元件操作壽命，且搭配使用磷光材料及使用設計更佳之增亮膜，進一步提升元件效率，將能使可撓曲式白光 OLED 達到更接近實用及照明之目標。

